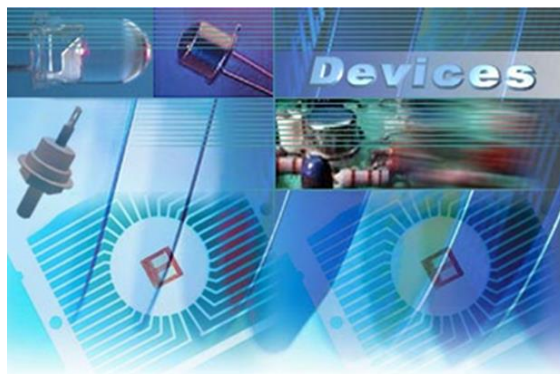




Оптоелектронни елементи



Полупроводникови
елементи



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”*
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

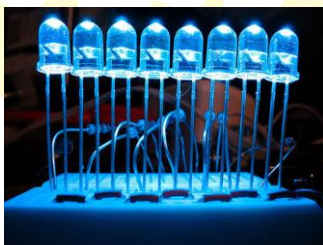


Европейски социален фонд

стр. 1 от ...

Въведение

Оптоелектронните елементи излъчват, преобразуват или използват
 електромагнитни лъчения във видимия, инфрачервен или ултравиолетов
 спектър



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”*
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



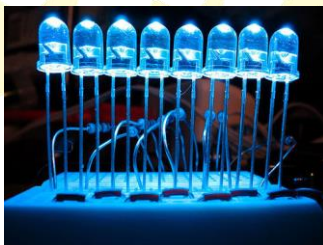
Европейски социален фонд

стр. 2 от ...

Класификация

Оптоелектронните елементи се разделят на:

- ✦ **Излъчватели** – преобразуват електрическата енергия в лъчиста
- ✦ **Фотоприемници** – преобразуват лъчистата енергия в електрическа
- ✦ **Оптрони** – обединяват източник на лъчиста енергия, оптична среда и фотоприемник



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 3 от ...

Цели и предпоставки

Разглеждат се структурата, принципът на действие, характеристиките и параметрите на оптоелектронните елементи и основните им приложения.



Познавател

Разбирател

Анализиране

След изучаване на материала вие би трябвало да:

- ✦ Свойствата на светодиодите
 - ✦ Видовете фотоприемници
 - ✦ Предимствата на оптроните
 - ✦ Основните приложения на оптоелектронните елементи
- ✦ Принципа на действие на светодиодите
 - ✦ Принципа на действие на фотоприемниците
 - ✦ Разликата между инфрачервени и индикаторни светодиоди
- ✦ Влиянието на широчината на забранената зона върху дължината на вълната на излъчваната светлина
 - ✦ Токовете и напреженията в схеми със светодиоди

Предпоставки: полупроводници, изправителни диоди



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

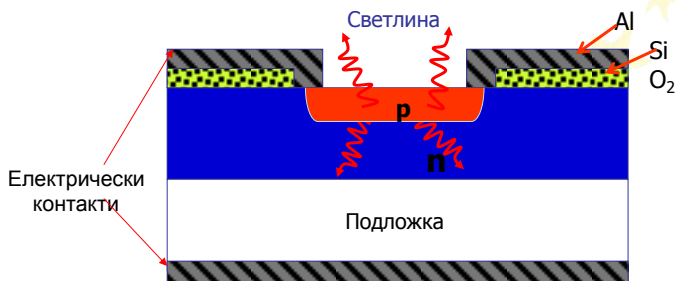
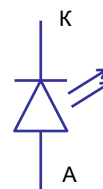


Европейски социален фонд

стр. 4 от ...

Светодиоди

Светодиодите са ПП елементи, които преобразувеат електрическата енергия в некохерентно светлинно лъчение. Те имат един *PN* преход.



Структура на светодиод



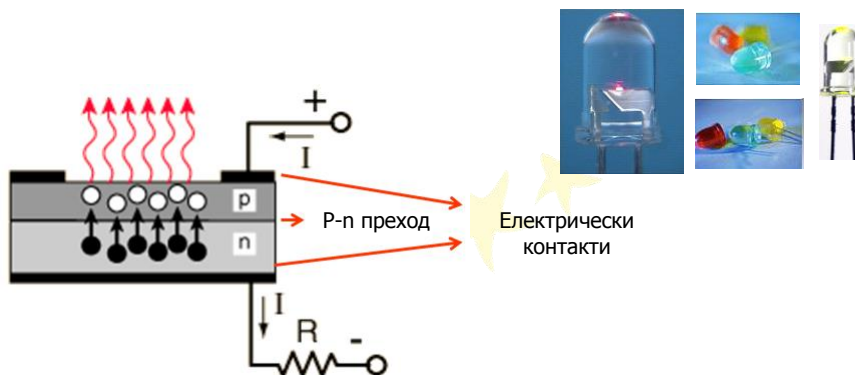
Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 5 от ...

Принцип на действие



Принципът им на действие се основава на процесите на рекомбинация, протичащи в право включен *PN* преход.



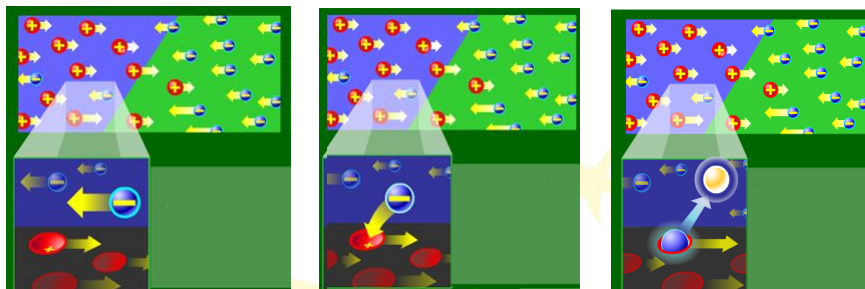
Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 6 от ...

Принцип на действие – илюстрация



- ⊕ При право включване започва инжекция на токоносители.
- ⊕ Инжектираните електрони от *n*-областта рекомбинират с дупките от *p*-областта. Електроните имат по-високо енергийно ниво и при падането на нивата на дупките губят енергия.
- ⊕ Енергията се излъчва под формата на квантове светлина – фотони.
- ⊕ Явлението се нарича електролуминисценция.



Европейски съюз

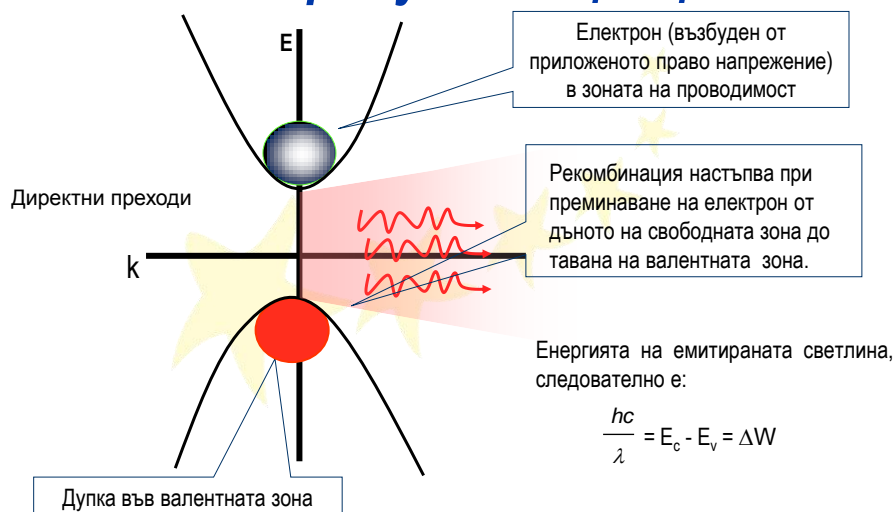
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 7 от ...

Електролуминисценция



Европейски съюз

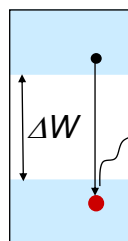
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 8 от ...

Дължина на вълната



$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \Delta W \quad \lambda = \frac{hc}{\Delta W} = \frac{1200}{\Delta W}$$

$\lambda = 0.38 - 0.76 \mu\text{m}$ видима област

$\Delta W = 1.6 - 3.1 \text{ eV}$ (GaP, SiC, GaAlAs, GaAsP)



Колкото по-голяма е широчината на забранената зона, толкова по-голяма е енергията на излъчения фотон и толкова по-висока е честотата на излъчената светлина (респективно по-къса дължината на вълната λ).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 9 от ...

Типове светодиоди

Според спектъра на излъчената светлина светодиодите се делят на **инфрочервени** и **индикаторни**.

Индикаторните излъчват във видимия спектър ($\lambda = 380 - 760 \text{ nm}$)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

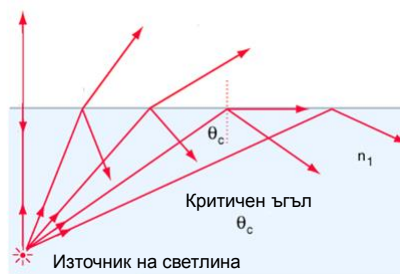
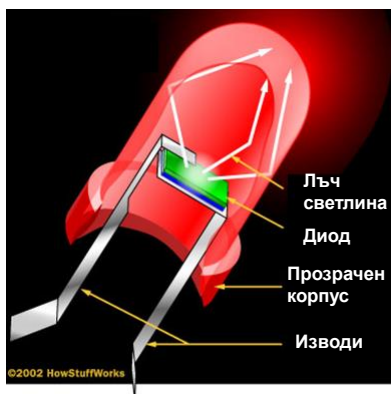
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 10 от ...

Конструкция на светодиода



Специфичните свойства на диода се определят от неговата конструкция. Оптичката леща в корпуса формира пространствения ъгъл на излъчване и възпрепятства пълното вътрешно отражение на лъчите.



Европейски съюз

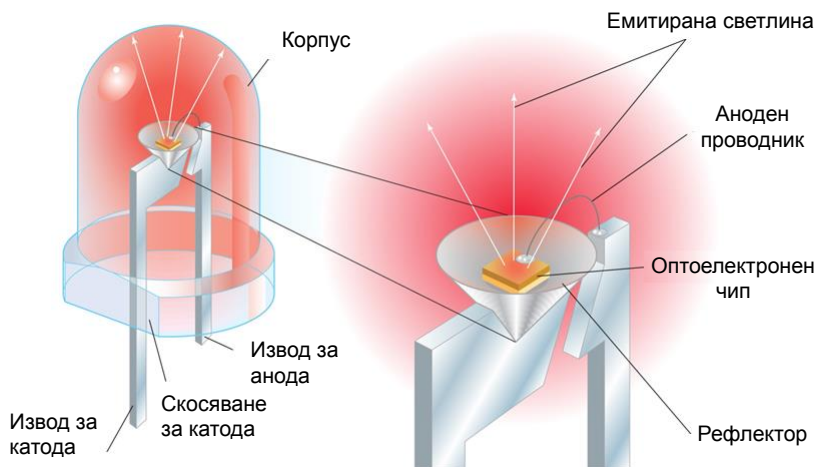
ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 11 от ...

Конструкция на светодиод



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.



Европейски съюз

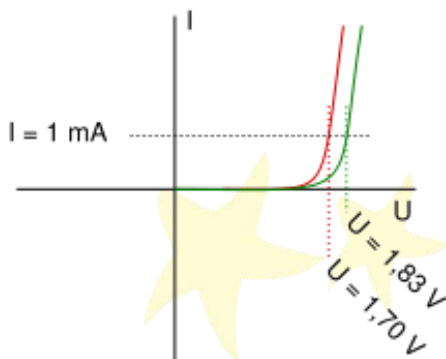
ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 12 от ...

VA характеристика



Поради по-широката забранена зона на материалите, светодиодите имат значително по-голям пад в права посока от Ge и Si изправителни диоди.

$$I = I_S \left(e^{\frac{U}{m\phi_T}} - 1 \right)$$

VA характеристика на червен и зелен светодиод



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

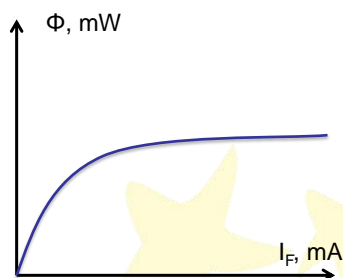
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 13 от ...

Светлинна характеристика



Представява зависимостта на излъчения светлинен поток Φ от тока I_F , протичащ през диода.

Областта на насищане при големи стойности на тока се дължи на нарастване на относителния дял на безизлъчвателната рекомбинация при загряване на прехода.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



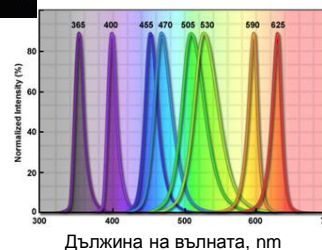
Европейски социален фонд

стр. 14 от ...

Спектрална характеристика



Спектралната характеристика дава зависимостта на интензитета на излъчване на светодиода от дължината на вълната. Тя се определя от вида на полупроводниковия материал и легиращите примеси в него.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

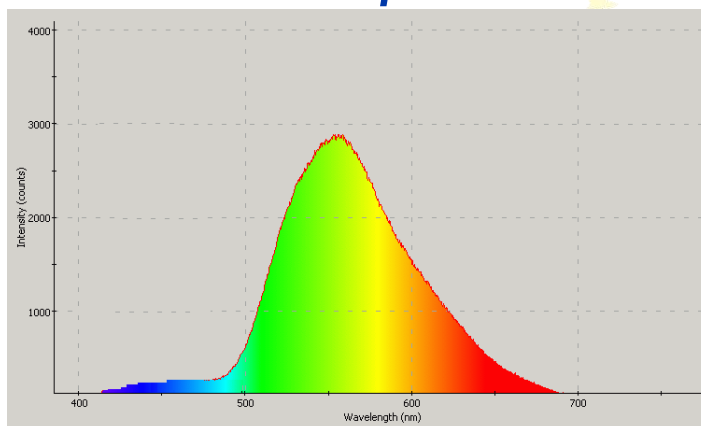
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 15 от ...

Чувствителност на човешкото око КЪМ СПЕКТЪРА НА ЛЪЧЕНИЕТО



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 16 от ...

Приложение на светодиодите

- ✦ **Инфрачервените** – в дистанционни управления
- ✦ **Индикаторните** – главно за визуално представяне на информация



- ✦ Светодиодни линии,
- ✦ 7-сегментни индикатори,
- ✦ Светодиодни дисплеи
- ✦ Осветителни тела



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

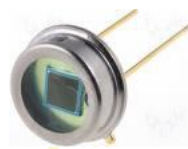
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 17 от ...

Фотоприемници



Фотоприемниците преобразуватлъчистата енергия в електрическа

Действието им се основава на генериране на двойка токоносителни под въздействие на светлинно лъчение с подходяща дължина на вълната.

Видове – фоторезистори, фотодиоди, фототранзистори, фототиристори



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

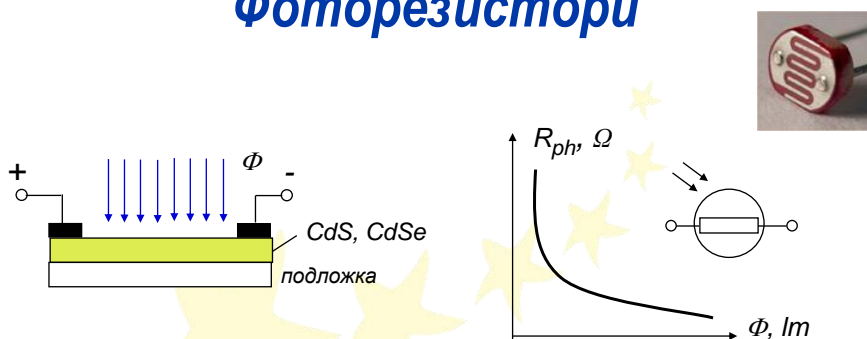
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 18 от ...

Фоторезистори



Фоторезисторите са полупроводникови елементи, чието съпротивление намалява при увеличаване на осветеността върху повърхността му.

Типично приложение – светломер



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

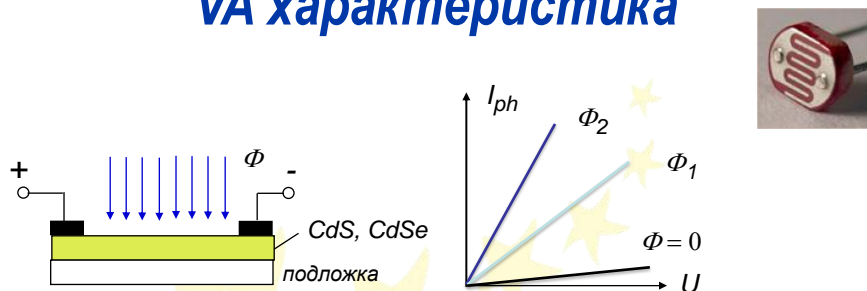
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 19 от ...

VA характеристика



Фоторезисторът има линейна волтамперна характеристика.

$$I_{ph} = k\Phi U$$

k – специфична интегрална чувствителност, $mA/V.lm$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

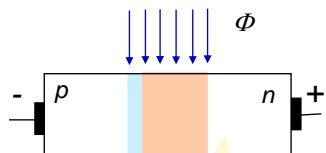
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 20 от ...

Фотодиод



$$I_{ph} = k\Phi$$



Принципът на действие на фотодиода се основава на увеличаване на обратния ток на $p-n$ прехода при осветяването му.

Допълнителната енергия от облъчването довежда до разкъсване на ковалентни връзки, при което се генерират електрони и дупки, които увеличават обратния ток.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 21 от ...

VA характеристика

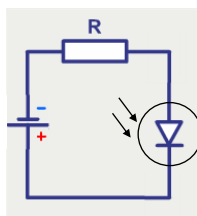
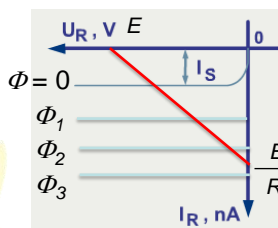


Схема на свързване



VA характеристика на фотодиода във фотодиоден режим

Фототокът е значително по-голям от топлинния ток на прехода, поради което при облъчване даже при напрежение нула през диода тече ток.

Фотодиодът се характеризира с **най-голямо бързодействие** от всички фотоприемници ($10^{-9} - 10^{-11}$ s).



Европейски съюз

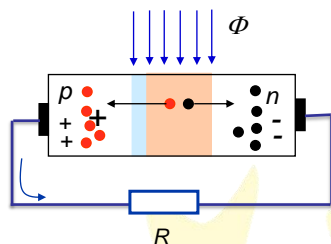
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 22 от ...

Фотоелемент



Полупроводниковите **фотоелементи** преобразуват светлинната енергия в електрическа. Те са фотодиоди, работещи във **фотогенераторен режим** – без външен източник на напрежение.

При облъчване се генерират двойки токоносители. Полето на PN прехода ги разделя и те се натрупват в двата края на полупроводника, създавайки фото електродвижещо напрежение. При затваряне на веригата през нея протича ток.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 23 от ...

VA характеристика

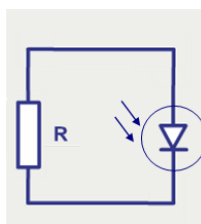
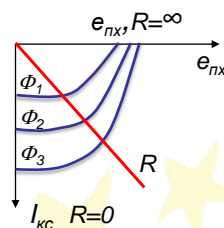


Схема на свързване



VA характеристика на фотодиода във фотогенераторен режим

Фото електродвижещо напрежение (е.д.н) = 0.5-0.55 V. к.п.д = 20% – 40-50%.

Фотоволтаичните модули се изграждат от свързването на множество индивидуални слънчеви клетки, за да се достигнат необходимите нива на напрежение и ток. Те директно преобразуват слънчевата светлина в електричество като ефективността при преобразуването е 20% - 40-50%.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 24 от ...

Приложения



Слънчеви
панели



Електрозахранване на
къщи от слънцето



Електрозахранване на
космически станции

Слънчевите клетки, които се използват в калкулаторите и спътниците, често се наричат фотоволтаични клетки. Името произтича от фото в смисъл на светлина и волт – в смисъл на електричество.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

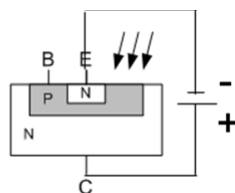
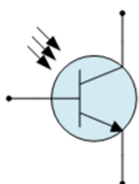
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 25 от ...

Фототранзистор



Фототранзисторът има отворена база, която се облъчва. Генерираните токоносителни в прехода преминават в колектора и формират колекторния ток. Неговата големина зависи от интензитета на светлинния поток.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

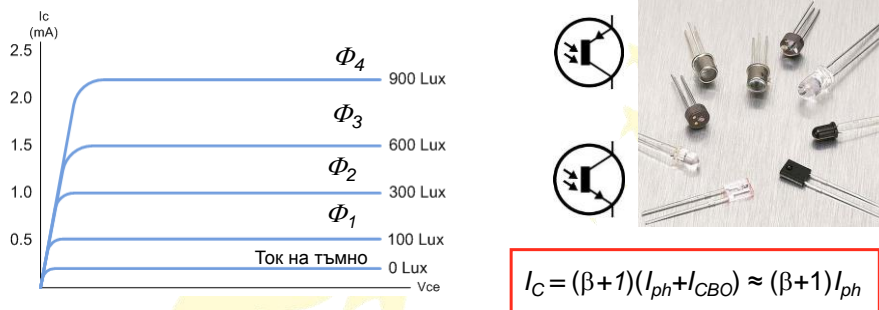
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 26 от ...

VA характеристика



Волтамперната характеристика на фототранзистора е като изходната характеристика на транзистор в схема ОЕ с тази разлика, че тук фототранзисторът се управлява от светлинен поток, а не от базовия ток.

Интегралната чувствителност на фототранзистора е $(1 + \beta)$ пъти по-голяма от тази на фотодиода.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

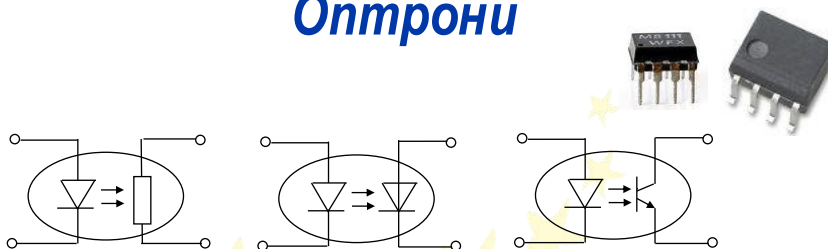
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 27 от ...

Оптрони



Оптроните са полупроводникови елементи, които обхващат в една конструкция източник на светлина и фотоприемник.

- ⊕ **Източник** – инфрачервен светодиод (преобразува ел. сигнал в светлинен)
- ⊕ **Оптическа среда** – въздушна междина, световод (предава светлинния сигнал)
- ⊕ **Фотоприемник** – фоторезистор, фотодиод, фототранзистор, фототиристор (преобразува обратно светлинния сигнал в електрически)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

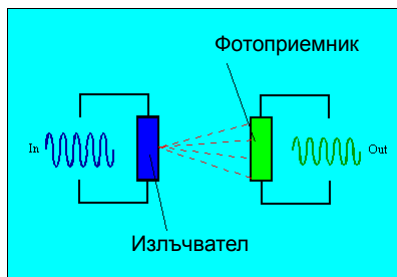
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 28 от ...

Принцип на действие



Времениаграмите на входния и изходен електрически сигнали са идентични, независимо че входната и изходна амплитуда често се различават.

Източникът (предавателят) използва електрически сигнал и го преобразува в лъч модулирана светлина във видимия или инфрачервен спектър. Този лъч се разпространява през прозрачна оптична среда – най-често въздушна междина. Лъчът попада при фотоприемника, който преобразува модулираната светлина обратно в електрически сигнал.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейския социален фонд

стр. 29 от ...

Оптрони – предимства

- ✦ Липса на електрическа връзка между входа и изхода
- ✦ Възможност за галванично разделяне на електрически вериги
- ✦ Висока шумоустойчивост на оптичен канал
- ✦ Еднопосочност на потока информация и липса на обратно въздействие на фотоприемника върху източника на излъчване
- ✦ Широка лента на пропускане в честотен обхват (от 0 до 10^{13} – 10^{14} Hz)
- ✦ Възможност на директно управление от съвременните интегрални схеми



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейския социален фонд

стр. 30 от ...